

PATENT
81788.0258

Express Mail Label No. EV 324 110 410 US

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of:

Kuniaki KONNO et al.

Serial No: Not assigned

Filed: September 26, 2003

For: SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DIODE

Art Unit: Not assigned

Examiner: Not assigned

TRANSMITTAL OF PRIORITY DOCUMENT

Mail Stop PATENT APPLICATION

Commissioner for Patents

P.O. Box 1450

Alexandria, VA 22313-1450

Dear Sir:

Enclosed herewith is a certified copy of Japanese patent application No. 2002-286996 which was filed September 30, 2002, from which priority is claimed under 35 U.S.C. § 119 and Rule 55.

Acknowledgment of the priority document(s) is respectfully requested to ensure that the subject information appears on the printed patent.

Respectfully submitted,

HOGAN & HARTSON L.L.P..

By: 

Anthony J. Orler

Registration No. 41,232

Attorney for Applicant(s)

Date: September 26, 2003

500 South Grand Avenue, Suite 1900
Los Angeles, California 90071
Telephone: 213-337-6700
Facsimile: 213-337-6701

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application:

2002年 9月30日

出 願 番 号
Application Number:

特願2002-286996

[ST.10/C]:

[JP2002-286996]

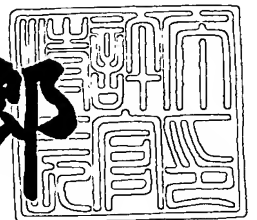
出 願 人
Applicant(s):

株式会社東芝

2003年 5月13日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3035067

1

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100096921

【弁理士】

【氏名又は名称】 吉 元 弘

【選任した代理人】

【識別番号】 100103263

【弁理士】

【氏名又は名称】 川 崎 康

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 087654

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第 1 導電型クラッド層と、前記第 1 導電型クラッド層上に形成され InGaAs 系材料からなり光を発生する活性層と、前記活性層上に形成された第 2 導電型クラッド層と、を有する結晶成長層と、

互いに向き合う内側面と外側面とを有し、前記内側面が前記結晶成長層の前記第 1 導電型クラッド層に直接的にまたは接着層を介して接着され、前記内側面から前記外側面までの厚さが $150\mu\text{m}$ 以上で、前記内側面の面積が 0.1mm^2 以上であり、前記活性層からの前記光に対して透明な GaP からなる透明第 1 導電型 GaP 基板と、

を備え、

前記結晶成長層の面積が前記透明第 1 導電型 GaP 基板の前記内側面の面積よりも小さく、前記内側面または前記接着層の一部が露呈されていることを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】

前記透明第 1 導電型 GaP 基板が略直方体形状で、前記透明第 1 導電型 GaP 基板の幅が $350\mu\text{m}$ 以上、奥行きが $350\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】

露呈された前記内側面または前記接着層の位置が、前記内側面または前記接着層の外周部であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】

露呈された前記内側面または前記接着層の位置が、前記内側面または前記接着層の外周部と、前記外周部よりも中央の中央域と、であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】

前記透明第 1 導電型 G a P 基板の前記内側面の面積に対する、前記結晶成長層の被覆率が、60%以上90%以下であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 4 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 6】

前記透明第 1 導電型 G a P 基板の前記外側面上に形成され前記活性層からの前記光を反射する第 1 電極と、

前記第 2 導電型クラッド層上の一部に形成された第 2 電極と、

をさらに備え、

前記第 2 導電型クラッド層側から前記光が取り出されることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 5 のいずれかに記載の半導体発光素子

【請求項 7】

第 1 導電型クラッド層と、前記第 1 導電型クラッド層上に形成され光を発生する活性層と、前記活性層上に形成された第 2 導電型クラッド層と、を有する結晶成長層と、

互いに向き合う内側面と外側面とを有し、前記内側面が前記結晶成長層の前記第 1 導電型クラッド層に直接的にまたは接着層を介して接着され、前記内側面から前記外側面までの厚さが $150\mu\text{m}$ 以上で、前記内側面の面積が 0.1mm^2 以上であり、前記活性層からの前記光に対して透明な透明第 1 導電型半導体基板と、

前記透明第 1 導電型半導体基板の前記外側面上に形成され、前記活性層からの前記光を反射する第 1 電極と、

前記第 2 導電型クラッド層上の一部に形成された第 2 電極と、

を備え、

前記結晶成長層の面積が前記透明第 1 導電型半導体基板の前記内側面の面積よりも小さく、前記内側面または前記接着層の一部が露呈されており、前記第 2 導電型クラッド層側から前記光が取り出されることを特徴とする半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体発光素子に関し、特に、大型の半導体発光素子（パワーLED）に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体発光素子は、PN接合に順方向電流を流し、注入キャリアがPN接合域でホールと再結合する過程で生じる自然放出光を利用した発光ダイオードである。この発光ダイオードとして、チップの横幅および奥行きが $300\mu\text{m}$ 以下の小型LEDが多く用いられてきた。この小型LEDは、低消費電力・長寿命・小型軽量などの利点を有し、各種の表示装置や交通信号機等に広く使われている。特に、最近では、自動車のバックライト用として、低電流（ 20mA 程度）下での高輝度発光が求められている。

【0003】

一般に、半導体発光素子は、入力電力に対し発光に寄与する割合を表した内部発光効率と、発光した光を半導体発光素子の外側に取り出す割合を表した外部光取出し効率と、が夫々高ければ高いほど、高輝度発光が可能となる。このうち、大きな内部発光効率を得られる構造としては、活性層に直接遷移型のInGaAlP系の材料を用いた構造が知られていた。もっとも、このInGaAlP系材料は、不透明なGaAs基板上に形成される。そこで、さらに、大きな外部光取出し効率を得られる構造として、GaAs基板上にInGaAlP系材料を結晶成長させた後、透明なGaP基板を接着し、不透明なGaAs基板を除去した、透明基板型の小型LEDが実用化されている。このような小型LEDは、例えば、特開2001-57441に提案されている。

【0004】

近時では、新たなLEDとして、大型で大電力が投入可能なパワーLEDの開発が進められている。このパワーLEDは、チップの上面の面積が 0.1mm^2 以上となるような大型のLEDであって、パッケージの熱抵抗を低下させてあり、 50mA を超えるような大きな電流が投入できる。このパワーLEDは、電球への置き換え、工業用装置類、分析装置類、医療用機器等への展開が期待されている。このパワーLEDにおいても、活性層にInGaAlP系材料を用い、か

つ、透明なGaP基板を接着した、透明基板型のパワーLEDが実用化されている。

【0005】

図5は上記の従来の透明基板型のパワーLEDを示す図であり、図5(a)は断面図、図5(b)は上面図である。基板501の横幅および奥行きは約 $550\mu\text{m}$ 、基板501の内側面Aの面積は約 0.3mm^2 であり、大型のLEDである。透明p型GaP基板501上には、p型GaP接着層502、p型InGaP接着層503、InAlPからなるp型クラッド層504、p型のInGaAlPを含むMQW構造の活性層505、InAlPからなるn型クラッド層506、n型のInGaAlPからなる電流拡散層507、GaAsからなるn型コンタクト層508、が順次形成されている。上記のp型GaP接着層502と、p型InGaP接着層503と、は接着により形成され、これらの間で接着界面が形成されている。p型GaP基板501の図中下側には、一方側の電極であるp側オーミック電極510が形成されている。他方側の電極であるn側オーミック電極511は、図中上側に形成される。なお、実際の厚さは、透明基板501(p型GaP接着層502を含む)の厚さが数百 μm 、結晶成長層503～508の厚さが数 μm 程度であるが、図5では、説明をしやすいするため、縮尺を変えて示している。

【0006】

図5のパワーLEDでは、活性層505で発光した光は素子の図中上面、或いは図中側面から外部に出射される。上面から光を効率的に取り出すために、不透明なn側オーミック電極511は、図5(b)のように面積的に小さく配置されている。この様にして形成された透明基板型のパワーLEDは、不透明なGaAs基板上に形成された素子よりも、外部取出し効率が増大して高輝度発光が可能となる。

【0007】

【特許文献1】

特開2001-57441号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

従来のパワーLEDよりもさらに光取出し効率が高いパワーLEDがあれば、上述の電球への置き換え等、さまざまな用途に有効に用いることができると考えられる。しかしながら、パワーLEDは、高い電流で使用されることが予定されており、動作電圧が低いことが極めて重要となる。そして、この動作電圧を上昇させることなく外部取出し効率を上昇させることは通常困難であると考えられていた。このため、従来のパワーLEDの光取出し効率をさらに高くすることは極めて困難であると考えられていた。

【0009】

すなわち、小型LEDでは、光取出し効率を高めるために、電極を小さくしたり、素子を適当な形状にエッチングしたりする方法が行われていた。このように電極を小さくしたり素子をエッチングしたりすれば動作電圧が高くなるおそれもある。しかし、小型LEDは、低い電流で使用されるため、動作電圧が高くなることは大きな問題とはならなかった。これに対し、パワーLEDは、小型LEDと異なり、高い電流で使用されることが予定されている。このためパワーLEDは、消費電力、信頼性、寿命等の観点から、動作電圧が低いことが極めて重要となる。ところが、この動作電圧を上昇させることなく輝度を上昇させることは、實際上極めて困難であると考えられていた。この結果、従来のパワーLEDの光取出し効率をさらに高くすることは極めて困難であると考えられていた。

【0010】

本発明は、かかる課題の認識に基づくものであり、その目的は、光取出し効率が高いパワーLED（大型の半導体発光素子）を、動作電圧の上昇や信頼性の低下なしに得ることである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明の実施の形態の半導体発光素子は、第1導電型クラッド層と、前記第1導電型クラッド層上に形成されInGaAlP系材料からなり光を発生する活性層と、前記活性層上に形成された第2導電型クラッド層と、を有する結晶成長層と、互いに向き合う内側面と外側面とを有し、前記内側面が前記結晶成長層の前

記第 1 導電型クラッド層に直接的にまたは接着層を介して接着され、前記内側面から前記外側面までの厚さが $150\ \mu\text{m}$ 以上で、前記内側面の面積が $0.1\ \text{mm}^2$ 以上であり、前記活性層からの前記光に対して透明な GaP からなる透明第 1 導電型 GaP 基板と、を備え、前記結晶成長層の面積が前記透明第 1 導電型 GaP 基板の前記内側面の面積よりも小さく、前記内側面または前記接着層の一部が露呈されていることを特徴とする。

【0012】

なお、InGaAlP 系材料とは、主成分が $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq x + y \leq 1$) からなる材料であり、少量のドーパントを含有する材料も含まれる。

【0013】

また、本発明の実施の形態の半導体発光素子は、第 1 導電型クラッド層と、前記第 1 導電型クラッド層上に形成され光を発生する活性層と、前記活性層上に形成された第 2 導電型クラッド層と、を有する結晶成長層と、互いに向き合う内側面と外側面とを有し、前記内側面が前記結晶成長層の前記第 1 導電型クラッド層に直接的にまたは接着層を介して接着され、前記内側面から前記外側面までの厚さが $150\ \mu\text{m}$ 以上で、前記内側面の面積が $0.1\ \text{mm}^2$ 以上であり、前記活性層からの前記光に対して透明な透明第 1 導電型半導体基板と、前記透明第 1 導電型半導体基板の前記外側面上に形成され、前記活性層からの前記光を反射する第 1 電極と、前記第 2 導電型クラッド層上に一部に形成された第 2 電極と、を備え、前記結晶成長層の面積が前記透明第 1 導電型半導体基板の前記内側面の面積よりも小さく、前記内側面または前記接着層の一部が露呈されており、前記第 2 導電型クラッド層側から前記光が取り出されることを特徴とする。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明する。本実施形態の半導体発光素子の特徴の 1 つは、図 1 に示すように、パワー LED において、結晶成長層 103～108 の一部をエッチング除去し、接着層 102 の一部を露呈させた点である。これにより、動作電圧をほとんど上昇させることなく、光

取出し効率を高くすることができる。以下では、3つの実施の形態について説明する。

【0015】

(第1の実施の形態)

図1は本発明の第1の実施の形態の半導体発光素子を示す図であり、図1(a)は断面図、図1(b)は上面図である。厚さ $300\mu\text{m}$ の透明p型GaP基板101の内側面A上には、p型GaP接着層102、p型InGaP接着層103、InAlPからなるp型クラッド層104、p型のInGaAlPからなる井戸層を含むMQW構造の活性層105、InAlPからなるn型クラッド層106、n型のInGaAlPからなる電流拡散層107、が順次形成されている。電流拡散層107上の一部には、GaAsからなるn型コンタクト層108が形成されている。このn型コンタクト層108上には、一方側の電極であるn側電極111が形成されている。他方側の電極であるp側電極110は、透明p型GaP基板101の裏面に形成される。なお、図1の素子では、透明p型GaP基板101の厚さが $300\mu\text{m}$ 、p型GaP接着層102の厚さが $0.05\mu\text{m}$ 、結晶成長層103～108の厚さが数 μm 、であるが説明をしやすくするため縮尺を変えて表示している。

【0016】

上記の透明p型GaP基板101は、幅(W)が $550\mu\text{m}$ 、奥行き(L)が $550\mu\text{m}$ 、内側面Aから外側面Bまでの厚さ(H)が $300\mu\text{m}$ 、の直方体形状である。内側面Aの面積は約 0.3mm^2 である。図1の素子は、このように大型の透明基板101を用いており、パッケージの熱抵抗を低下させることで、 50mA を超えるような大きな電流が投入可能である。このような素子は、パワーLEDと呼ばれる。

【0017】

図1のパワーLEDでは、p側電極110と、n側電極111と、から活性層105に電流が注入される。そして、活性層105から赤色発光の光が放射され、この光は図中上側(n型クラッド層106側)から取り出される。より詳しくは、活性層105からの光は、まず図中主に上下方向に放射される。このうち、

図中上方向に放射された光は、図中上側から直接取り出される。他方、活性層 105 から図中下方向に放射された光は、GaP 基板 101 を透過した後、p 側電極 110 によって上方向に反射されて、図中上側から取り出される。これは、図 1 のパワー LED では、活性層 105 から放射される赤色発光の光に対し、透明 p 型 GaP 基板 101 が透明であるためである。ここで、上側から効率よく光を取り出すために、不透明な金属からなる n 側電極 111 は、図 1 (b) に示すように、面積的に小さく配置されている。具体的には、本実施形態では、図 1 (b) の n 側電極 111 の内側部分のサイズは $120\ \mu\text{m}\phi$ である。また、この n 側電極 111 は、大電流を活性層 105 の全面に均一に流すために、図 1 (b) から分かるように、細線電極構造となっている。この細線構造の部分の n 側電極 111 の幅は、 $3\sim 5\ \mu\text{m}$ である。なお、活性層 105 からの光の吸収を少なくするため、n 型 GaAs コンタクト層 108 も、所定の形状にエッチングされている。一方、p 側電極 110 は、動作電圧を下げるため、透明 p 型 GaP 基板 101 の外側面 B 上のほぼ全面に形成される。

【0018】

図 1 のパワー LED の特徴の 1 つは、結晶成長層 103 ~ 108 の面積を透明 p 型 GaP 基板 101 の内側面 A の面積よりも小さくし、接着層 102 の外周部を露呈している点である。すなわち、図 1 のパワー LED では、透明 p 型 GaP 基板 101 (含む GaP 接着層 102) 上の外周部の結晶成長層 103 ~ 108 を幅約 $35\ \mu\text{m}$ 除去している。このため、透明 p 型 GaP 基板 101 の内側面 A の面積は $550 \times 550 \div 3.0 \times 10^5\ \mu\text{m}^2$ になるのに対し、結晶成長層 103 ~ 108 の面積は $480 \times 480 \div 2.3 \times 10^5\ \mu\text{m}^2$ になる。つまり、図 1 のパワー LED では、透明 p 型 GaP 基板 101 の内側面 A の面積に対する結晶成長層 103 ~ 108 の被覆率は 75% となっている。これにより、後述のように、光取り出し効率が高くなる。

【0019】

なお、上記の図 1 の素子は、次のように把握することもできる。すなわち、p 型 (第 1 導電型) クラッド層 104 と、前記 p 型クラッド層 104 上に形成され InGaAlP 系材料からなり光を発生する活性層 105 と、前記活性層 10

5上に形成されたn型（第2導電型）クラッド層106と、を有する結晶成長層104～106と、互いに向き合う内側面Aと外側面Bとを有し、前記内側面Aが前記結晶成長層104～106の前記p型クラッド層104に接着層102、103を介して接着され、前記内側面Aから前記外側面Bまでの厚さが150 μ m以上で、前記内側面Aの面積が0.1mm²以上であり、前記活性層105からの前記光に対して透明なGaPからなる透明p型GaP基板101と、を備え、前記結晶成長層104～106の面積が前記透明p型GaP基板101の前記内側面Aの面積よりも小さく、前記接着層102の一部が露呈されているものと把握することもできる。

【0020】

次に、図1のパワーLEDの製造方法を簡単に説明すれば、以下の通りである。

【0021】

(1) まず、直径2インチ（約5cm）の透明p型GaP基板101上にMOCVD法により、p型GaP接着層102を形成する。

【0022】

(2) 他方、直径2インチの不透明なGaAs基板（図示しない）上に、n型コンタクト層108、電流拡散層107、n型クラッド層106、活性層105、p型クラッド層104、p型InGaP接着層103、を順次形成する。ここで、結晶成長層103～108は、いずれもInGaAlP系材料からなり、GaAs基板に格子整合する。

【0023】

(3) 次に、透明p型GaP基板101上のp型GaP接着層102と、結晶成長層103～108のp型InGaP接着層103と、を接着する。その後、不透明なGaAs基板を除去する。なお、InGaAlP系材料からなる結晶成長層103～108と、透明p型GaP基板101と、は格子整合しないので、透明p型GaP基板101上に結晶成長層103～108を直接形成することは極めて困難である。

【0024】

(4) 次に、p型GaP接着層102上の結晶成長層103～108に予備メサを形成し、個々の素子部分を図1に示す形状にする。このように、ダイシングやスクライブによる分離前に、個々の素子部分に分離前の予備メサを形成することで、寸法精度を高くすることができる。その後、2インチの基板101を、ダイシングやスクライブにより一辺が550 μ mの個々の素子に分離し、所定の形状に加工して、図1の素子が完成する。

【0025】

以上の製造方法によって形成される図1のパワーLEDでは、透明p型GaP基板101（含むp型GaP接着層102）上の外周部の結晶成長層103～108を所望の面積で除去し、透明p型GaP基板101の内側面Aの面積に対する結晶成長層103～108の被覆率を75%としたので、素子の上面（主出射光面）からの光取出し効率を向上させることができる。具体的には、本発明者の実験によれば、従来の素子（図5）に比べて光取出し効率を約1.2倍にすることができた。この理由について、本発明者は、次のように考えている。

【0026】

すなわち、図1の素子では、前述のように、活性層105から図中下側に放射された光は、透明基板101を経てp側電極110で図中上側に反射される。そして、図中上側に向かう光の一部は、再び活性層105を通過する。ところがこの光が活性層105を通過する場合には、この光の一部は活性層105に吸収されてしまう。つまり、活性層105は、主出射光の光取出しにおいて阻害要因となっている。そこで、図1の素子では、この阻害要因となる活性層105の外周部を除去している。このようにすると、p側電極110で図中上側に反射された光のうち外周部のものは、活性層105を通過せずに図中上側に向かう。このため、活性層105による光吸収を減少させ、光取出し効率を向上させることができると考えている。また、活性層105の面積を小さくし、狭い面積に電流を流すことで、非発光再結合に消費される電流成分を減らし、注入電流に対する発光再結合の割合を高くすることができるからであると考えている。

【0027】

また、図1のパワーLEDは、高い放熱性を維持できる。すなわち、図1のG

a P 基板 101 の熱伝導率は約 0.77 W/cm/deg であり、前述のようにして剥離される GaAs 基板（図示しない）の熱伝導率約 0.47 W/cm/deg に比べて高い。そして、GaP 基板 101 のサイズは、 $550 \mu\text{m} (\text{W}) \times 550 \mu\text{m} (\text{L}) \times 300 \mu\text{m} (\text{H})$ の大型であり、このサイズは従来例（図 5）と同様である。このため、図 1 のパワー LED は、従来例（図 5）と同様の高い放熱性を維持できる。

【0028】

もっとも、パワー LED において、結晶成長層 103～108 の一部を除去することは、通常の技術者にとっては思いもよらないことである。なぜなら、結晶成長層 103～108 の面積を小さくし、活性層 105 の面積を小さくすれば、動作電圧が上昇すると考えられていたからである。すなわち、前述のように、パワー LED は、高い電流で使用されることが予定されており、消費電力、信頼性、寿命等の観点から、動作電圧が低いことが極めて重要となる。ところが、活性層 105 の面積を小さくすると、動作電圧の増加を招くおそれがある。このことから、パワー LED では、動作電圧の増加を防止する観点から、結晶成長層 103～108 の面積をあえて小さくするような構成は用いられてこなかった。

【0029】

しかしながら、本発明者は、ある時、図 5 のような従来のパワー LED を得るべき製造工程で、エッチングに失敗し、基板 101 に比べて結晶成長層 103～108 が小さくなった図 1 のようなサンプルを得た。本発明者は、当初、このサンプルの動作電圧は高くなっており、使い物にならないと考えた。ところが、測定を行ってみると、動作電圧の上昇は、製品としての動作に何ら問題のないレベルであることを独自に知得した。また、前述のように光取出し効率が高くなっていくことも、知得した。この独自の知得に基づき、本発明者は、図 1 のように被覆率を 75% としたサンプルを製造した。その結果、動作電圧 V_f は約 2.02 V （図 2 参照）であり、これは従来のパワー LED（図 5）と比べて差がないことが分かった。また、動作電圧 V_f の上昇がないため、信頼性の低下も起こらないことが分かった。この理由について、本発明者は、パワー LED では、基板 101 の面積および体積が大きいために、結晶成長層 103～108 が小さくなっ

ても、動作電圧に与える影響が小さいからはないかと考えている。また、InGaAlP系材料からなる結晶成長層103～108と、GaPからなる基板101と、を用いた場合には、結晶成長層103～108よりも基板101の方がバンドギャップが広がるため、結晶成長層103～108の面積を小さくしても、基板101から結晶成長層103～108に向けての電流が流れにくくなりずらいからであると考えている。

【0030】

以上のように、図1のパワーLEDでは、動作電圧の上昇や信頼性の低下なしに、光取出し効率を高くすることができる。

【0031】

次に、透明p型GaP基板101の内側面Aの面積に対する活性層105の被覆率の範囲について、図2を参照にして検討する。すなわち、図1のパワーLEDでは、GaP透明基板101上の外周部の結晶成長層103～108を所望の面積で除去し、透明p型GaP基板101の内側面Aの面積に対する結晶成長層103～108の被覆率を75%としたが、上記の除去する面積を変えることで、被覆率を変化させることもできるので、この被覆率の範囲について検討する。

【0032】

図2は、図1のパワーLEDにおいて、上記の被覆率を変化させた場合の、外部光取出し効率の値と、動作電圧 V_f の値と、を示す図である。図中白丸は、左側の縦軸に対応し、外部光取出し効率を示す。この効率は、被覆率が100%のときの効率を1.0とした場合の、相対値である。また、図中黒丸は、右側の縦軸に対応し、動作電圧 V_f を示す。また、横軸は、被覆率(%)を示す。なお、被覆率が100%の場合は、パワーLEDは、図5に示す従来例の形状である。

【0033】

図2の白丸から分かるように、被覆率が90%以下になると外部光取出し効率が従来(図5)の約1.1倍以上になり、被覆率が80%以下になると外部光取出し効率はさらに上昇する。そして、被覆率が45%以上の範囲では、被覆率を低下させるほど外部光取出し効率が上昇する。一方、図中黒丸から分かるように、被覆率が70%より小さくなると、動作電圧 V_f が徐々に上昇してしまう。も

とも、被覆率が70%以上では、動作電圧 V_f の上昇はほとんど起こらない。また、被覆率が60%以上なら、製品としての動作に大きな問題がない。以上の図2の外部光取出し効率（白丸）および動作電圧 V_f （黒丸）のデータから、被覆率は、60%以上90%以下、好ましくは70%以上80%以下が良いことが分かる。

【0034】

以上説明した第1の実施の形態のパワーLEDでは、大電流を流して使用するという通常の使用方法の場合について説明した。これに対し、パワーLEDを低電流で使用する場合には、動作電圧の上昇の問題は少なくなるので、光取出し効率を重視して、被覆率を60%未満にする（図2）こともできる。

【0035】

（第2の実施の形態）

図3は、本発明の第2の実施の形態の半導体発光素子（パワーLED）の断面図であり、図3（a）は断面図、図3（b）は上面図である。構成に伴う作用と効果は第1の実施の形態（図1）と同様であり、第1の実施の形態と同様の構成部分は同一の符号で示した。第1の実施の形態と異なる点は、パワーLEDの上面（主出射光面）の外周部のみならず該上面のやや中央の中央域にも、p型GaP接着層102を露呈させた事である。つまり図3のパワーLEDでは、露呈されたp型GaP接着層102の位置が、p型GaP接着層102の外周部と、この外周部よりも中央の中央域と、である。このようにすることにより、電流注入効果の弱い上記中央域での光吸収を防止して、活性層105からの発光を効率よく外部に取り出し、光取出し効率をさらに増加させることができる。

【0036】

図3の素子の構造をさらに詳細に説明すれば、次のとおりである。図3（b）の上面図で、電流拡散層107の大きさは、縦 $480\mu\text{m}$ 、横 $480\mu\text{m}$ である。この電流拡散層107上に形成されたn側電極111の、内側部分のサイズは、 $120\mu\text{m}\phi$ である。また、n側電極111の、外側部分の細線構造の幅は、 $3\sim 5\mu\text{m}$ である。図3の素子では、この細線構造のn側電極111の周囲 $3\sim 5\mu\text{m}$ を残して、残りの部分の積層構造103～107をエッチングして、中央

域のp型GaP接着層102を露呈させている。ここで、この細線構造のn側電極111からの電流は、細線幅と同程度の幅だけ広がって、活性層105に注入される。しかし、その他の部分の活性層105は、電流注入効果が弱い。そこで、図3の素子では、この電流注入効果が弱い部分をエッチングしている。このようにエッチングを行っても、エッチングされた部分の活性層105はもともとほとんど発光しないので、エッチングにより輝度が低下することはない。むしろ、発光しない部分の活性層105を除去することで、この部分の活性層105が光吸収を起こすことを防止して、n側電極111の下側部分からの活性層105からの発光を有効に取り出すことができる。この結果、光取出し効率をさらに増加させることができる。

【0037】

以上説明した図3の素子では、n側電極111の細線部分を、n側電極111の中央部分と同心円状に、1重に設けたが、これを2重や3重に設けても良い。2重に設けた場合は、1重目の細線電極と、2重目の細線電極と、の間の部分のp型GaP接着層102を露呈させることもできる。ただし、細線電極の周囲の、細線電極と同程度の幅は、図3の素子と同様に、エッチングせずに残すことが好ましい。

【0038】

(第3の実施の形態)

図4は、本発明の第3の実施の形態の半導体発光素子(パワーLED)の断面図であり、図4(a)は断面図、図4(b)は上面図である。構成に伴う作用と効果は第1の実施の形態(図1)と同様であり、第1の実施の形態と同様の構成部分は同一の符号で示した。第1の実施の形態と異なる点は、図4から分かるように、p型GaP基板101の側面形状をテーパ状にした事である。これにより、光取出し効率をさらに上昇させることができる。

【0039】

以上説明した実施の形態では、透明p型GaP基板101を接着層102、103を介してp型クラッド層104に接着したが、これを直接的に接着し、内側面Aの一部が露呈されるようにすることもできる。

【 0 0 4 0 】

また、以上説明した実施の形態では、透明 p 型 G a P 基板 1 0 1 の大きさを、内側面 A の面積が約 0.3 mm^2 となるようにしたが、これが 0.1 mm^2 以上、好ましくは 0.2 mm^2 以上であれば、本発明を有効に用いることができる。また、透明 p 型 G a P 基板 1 0 1 の厚さを $300 \mu\text{m}$ としたが、これが $150 \mu\text{m}$ 以上であれば、本発明を有効に用いることができる。また、透明 p 型 G a P 基板 1 0 1 を略直方体形状とし、横幅を $350 \mu\text{m}$ 以上、奥行きを $350 \mu\text{m}$ 以上、とすることで、製造プロセスの観点から、さらに有効に本発明を用いることができる。

【 0 0 4 1 】

また、以上説明した実施の形態では、p 型と n 型を逆にすることも可能である。また、結晶成長層 1 0 3 ~ 1 0 8 を I n G a A l P 系材料、基板 1 0 1 を G a P としたが、他の材料を用いることもできる。

【 0 0 4 2 】

【発明の効果】

本発明によれば、パワー L E D において、基板に対する結晶成長層の被覆率を 6 0 % 以上 9 0 % 以下としたので、動作電圧の上昇や信頼性の低下なしに、光取出し効率を高くすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態の半導体発光素子の断面図。

【図 2】

本発明の第 1 の実施の形態の半導体発光素子における、被覆率と、外部光取り出し効率と、動作電圧 V_f と、の関係を示す図。

【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態の半導体発光素子の断面図。

【図 4】

本発明の第 3 の実施の形態の半導体発光素子の断面図。

【図 5】

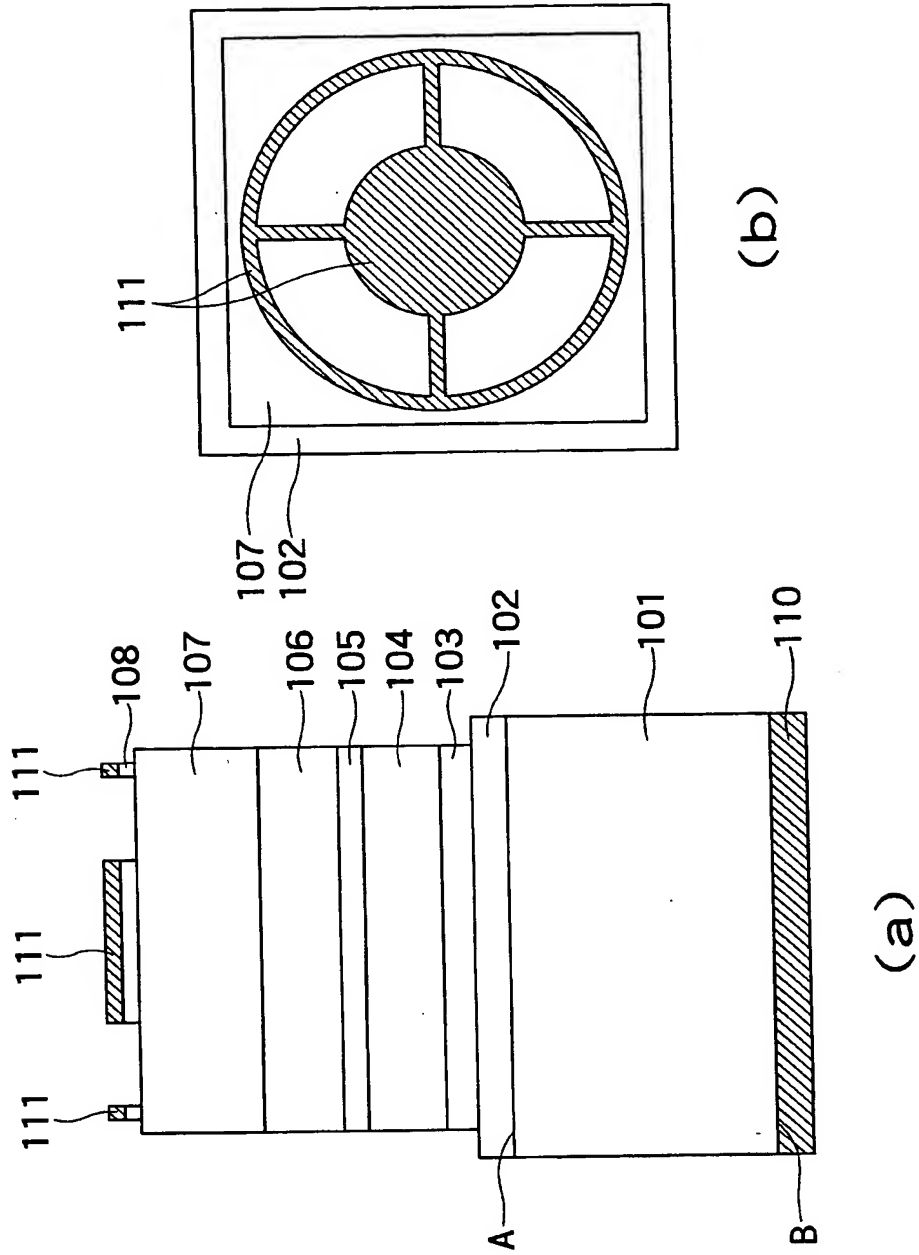
従来のパワーLEDの断面図。

【符号の説明】

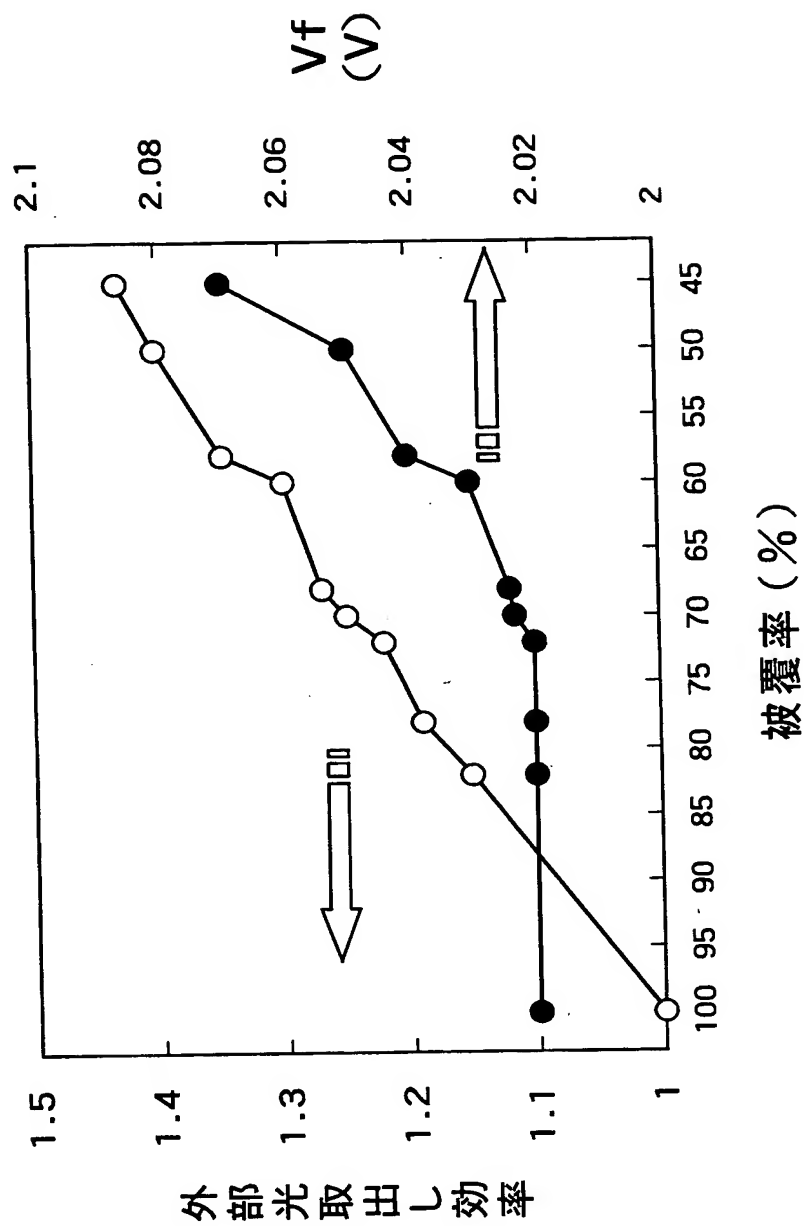
- 1 0 1 透明 p 型 G a P 基板
- 1 0 2 p 型 G a P 接着層
- 1 0 3 p 型 I n G a P 接着層
- 1 0 4 p 型 クラッド層
- 1 0 5 活性層
- 1 0 6 n 型 クラッド層
- 1 0 7 電流拡散層
- 1 0 8 コンタクト層
- 1 1 0 p 側電極
- 1 1 1 n 側電極
- A 内側面
- B 外側面

【書類名】 図面

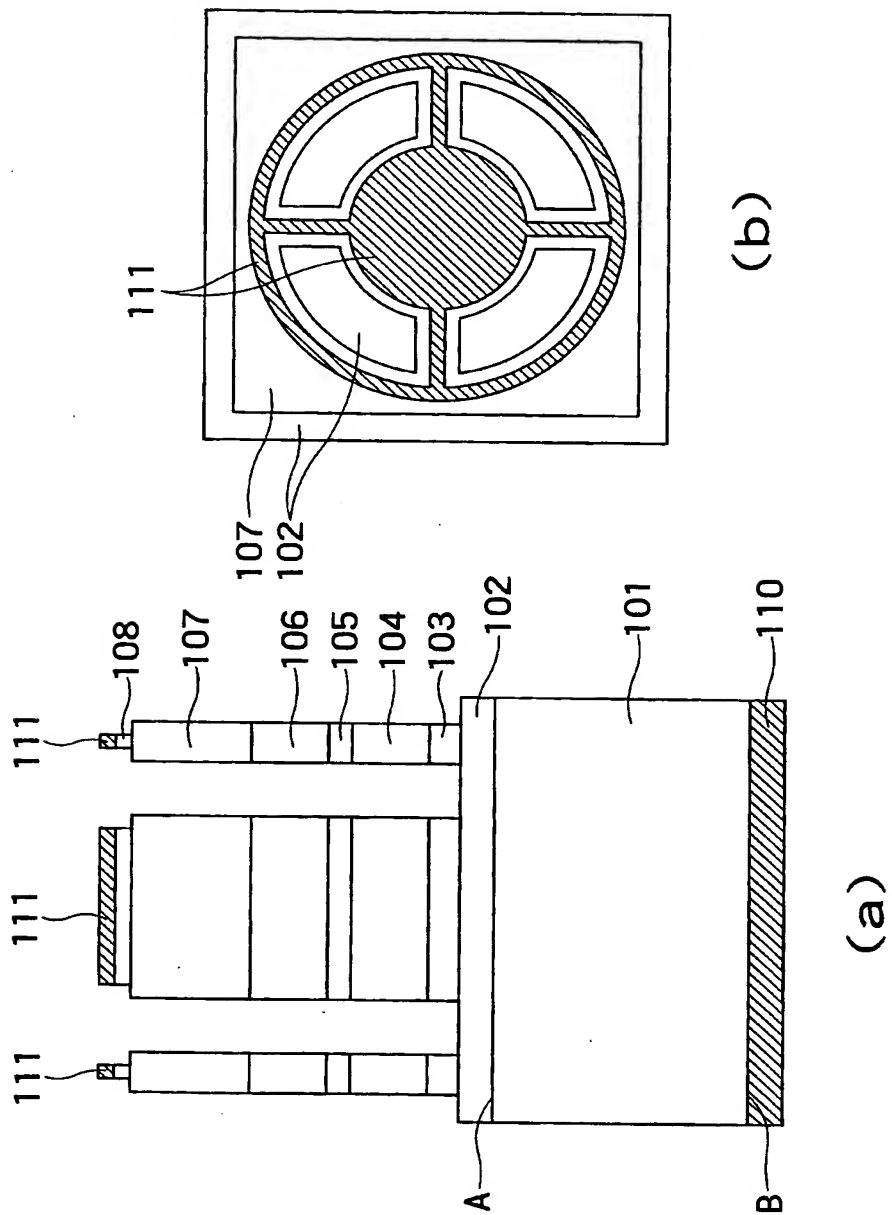
【図 1】



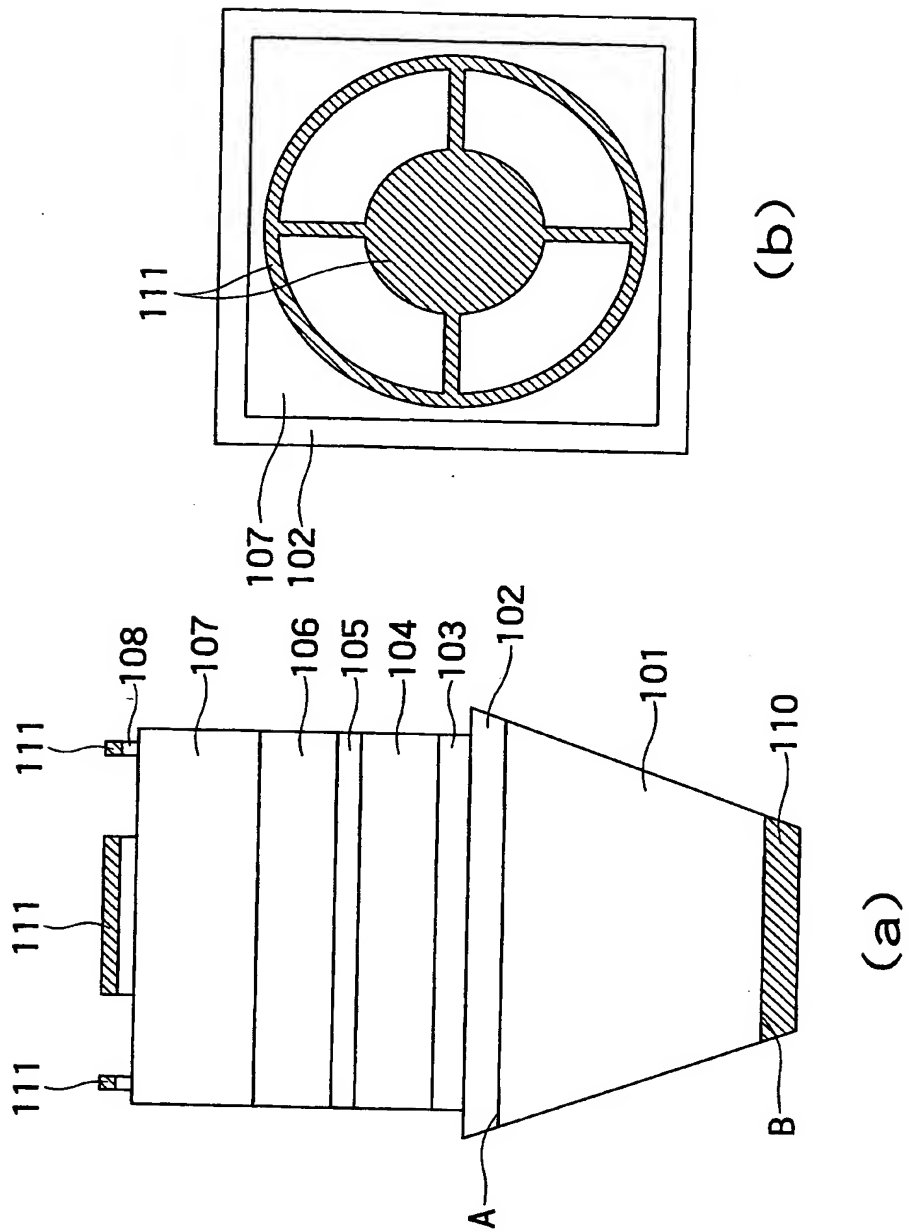
【図 2】



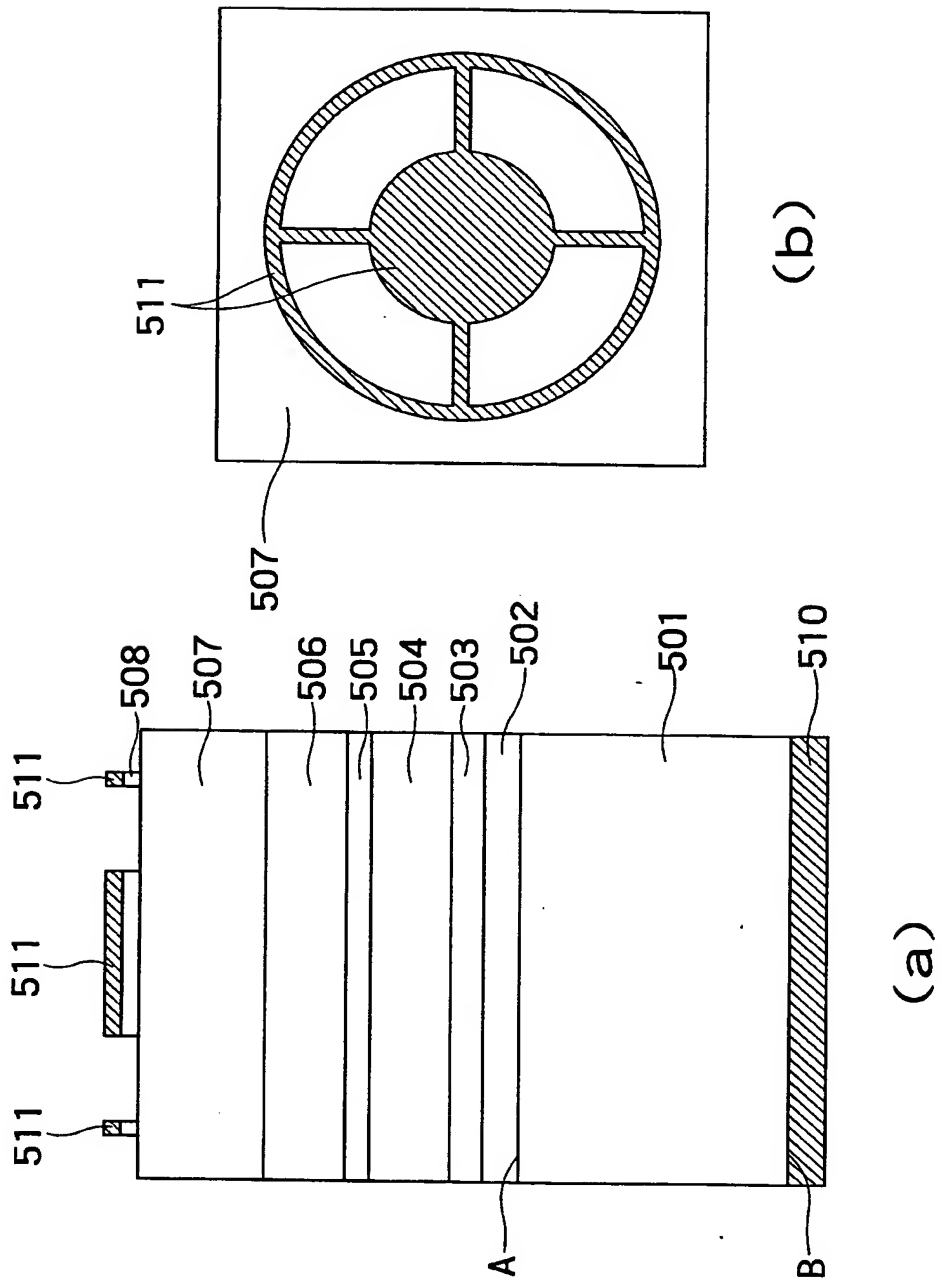
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光取出し効率が高いパワーLED（大型の半導体発光素子）を、動作電圧の上昇や信頼性の低下なしに得る。

【解決手段】 第1導電型クラッド層と、前記第1導電型クラッド層上に形成されInGaAlP系材料からなり光を発生する活性層と、前記活性層上に形成された第2導電型クラッド層と、を有する結晶成長層と、互いに向き合う内側面と外側面とを有し、前記内側面が前記結晶成長層の前記第1導電型クラッド層に直接的にまたは接着層を介して接着され、前記内側面から前記外側面までの厚さが $150\mu\text{m}$ 以上で、前記内側面の面積が 0.1mm^2 以上であり、前記活性層からの前記光に対して透明なGaPからなる透明第1導電型GaP基板と、を備え、前記結晶成長層の面積が前記透明第1導電型GaP基板の前記内側面の面積よりも小さく、前記内側面または前記接着層の一部が露呈されていることを特徴とする半導体発光素子を提供する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	2001年 7月 2日
[変更理由]	住所変更
住 所	東京都港区芝浦一丁目1番1号
氏 名	株式会社東芝